

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

MENU

SEARCH

INDEX

BACK

3/3



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 09051139

(43)Date of publication of application: 18.02.1997

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number:  
07203057

(71)Applicant:

HITACHI LTD

(22)Date of filing: 09.08.1995

(72)Inventor:

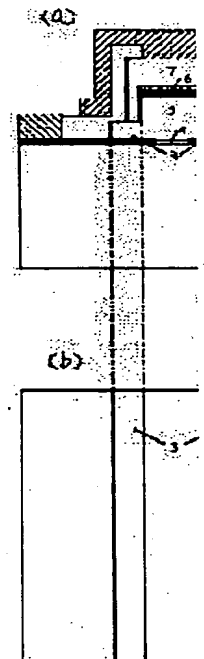
TANAKA TOSHIAKI  
WATANABE AKISADA  
UCHIDA KENJI  
AKAMATSU SHOICHI

## (54) SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize the laser element in a blue-purple wavelength region, which is operated in a low threshold value.

SOLUTION: On a sapphire substrate 1 having a (0001)C surface, a pattern 2 of Ti nitride  $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ ), wherein a stripe-shaped window is opened at the central part, is formed. An insulating film mask pattern 3 is utilized, and the waveguide resonance structure comprising  $\text{AlGaInN}$  material is manufactured by a selective growing technology. With regard to the waveguide structure, the BH structure, wherein a light emitting active layer 6 is embedded in an optical waveguide layer, can be constituted. Then, an N-side electrode Ti/Au is evaporated in the shape in contact with the  $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ ). After Ni/Au is evaporated on a P-side electrode, an element is obtained by cleavage. In this way, the high-melting-point Ti nitride  $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ ) is formed beforehand in the N-type electrode material. Thus, the basic lateral mode is controlled by the actual refractive-index difference, and the embedded (BH) waveguide structure for



propagating the laser light stably can be manufactured by only performing selective

---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision  
of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

Copyright (C); 1998 Japanese Patent Office

**MENU**

**SEARCH**

**INDEX**

**BACK**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-51139

(43) 公開日 平成9年(1997)2月18日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-203057

(22) 出願日 平成7年(1995)8月9日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田中 俊明

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 渡辺 明禎

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 内田 憲治

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

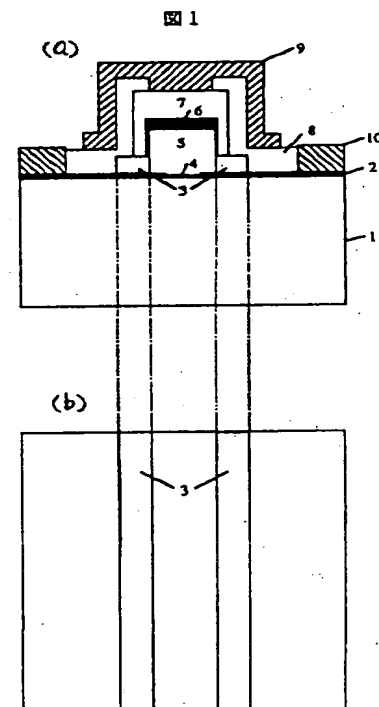
(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【目的】 本発明の目的は、低閾値で動作する青紫色波長域のレーザ素子を実現させることにある。

【構成】 (0001)C面を有するサファイア基板1上に中央部にストライプ状の窓をあけたTiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )のパターン2を形成しておき、絶縁膜マスクパターン3を利用して、選択成長技術によりAlGaInN材料からなる導波路共振構造を作製する。導波路構造に関しては、発光活性層6を光導波層に埋め込んだ形であるBH構造を構成できる。次に、 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )に接触する形でn側電極Ti/Auを蒸着し、p側電極にはNi/Auを蒸着した後、劈開することにより素子を得る。

【効果】 本実施例では、n型の電極材料に高融点のTiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )材料を予め形成しておくことにより、選択成長を一回行うだけで、実屈折率差により基本横モードを制御してレーザ光を安定に伝搬する埋め込み(BH)導波路構造を作製できた。本素子は、電流注入により410～430nmの波長範囲でレーザ発振した。また、絶縁膜マスクパターンを工夫することにより、さらに低閾値動作が可能であった。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】単結晶基板上に設ける発光素子において、光導波路構造を作製する際に、予めTi或いはTiの窒化物を設けておき、さらにそれと一部接触する形で結晶層を設け、禁制帯幅の大きな光導波層と禁制帯幅の小さな発光活性層からなる光導波路構造を構成していることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】請求項1記載の半導体レーザ素子において、該単結晶基板上に対して予めTi或いはTiの窒化物を設けておき、さらにそれと一部接触する形で結晶層を設け、該光導波路構造を一回の結晶成長により形成することを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項3】請求項1又は2記載の半導体レーザ素子において、予め結晶層に接触する形でTi或いはTiの窒化物を設け、最終的にTiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )として界面に形成してあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項4】請求項1から3のいずれかに記載の半導体レーザ素子において、Tiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )はTiを窒素と反応させることによって形成してあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項5】請求項4記載の半導体レーザ素子において、熱処理を行うことによりTiを窒素と反応させることによって、Tiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )を形成してあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項6】請求項4記載の半導体レーザ素子において、電子サイクロトロン共鳴(ECR; Electron Cyclotron Resonance)によって金属Ti化合物と窒素を反応させて、予めTiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )の形で設けてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項7】請求項4記載の半導体レーザ素子において、有機窒素金属Ti化合物を用いて熱反応によりTiを窒素と反応させて、予めTiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )の形で設けてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項8】請求項1から7のいずれかに記載の半導体レーザ素子において、該光導波層と該発光活性層はIII-V族窒化物半導体材料である $Al_xGa_{1-x}In_{1-y}N$  ( $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y < 1$ )結晶層から構成されていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項9】請求項8記載の半導体レーザ素子において、該単結晶基板上にIII-V族窒化物半導体材料である $Al_xGa_{1-x}In_{1-y}N$  ( $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y < 1$ )結晶層を設けておき、その上に金属Tiをまず蒸着してから、その後下地となる該窒化物半導体結晶層と金属Tiを反応させることにより窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )としてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項10】請求項1から9のいずれかに記載の半導体レーザ素子において、該単結晶基板表面に対して予め窒化処理を行っておき、その後にIII-V族窒化物半導体材料である $Al_xGa_{1-x}In_{1-y}N$  ( $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y < 1$ )結晶層を設

特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項11】請求項1から10のいずれかに記載の半導体レーザ素子において、Tiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )に接触する形で金属Tiが設けてあり、さらにTiとAuの積層構造か、或いはTiとAlの積層構造をn型結晶層の電極として形成してあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項12】請求項11記載の半導体レーザ素子において、Tiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )と金属Ti及びTiとAuの積層構造か、或いはTiとAlの積層構造からなるn側電極とは分離して、p型結晶層と接触する形でCrとAuの積層構造か、或いはNiとAuの積層構造からなるp側電極を設けてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項13】請求項1又は2記載の半導体レーザ素子において、該光導波路構造を構成する結晶層は絶縁膜マスクと選択成長技術を利用することにより設けてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項14】請求項1又は2記載の半導体レーザ素子において、該単結晶基板は半導体或いはセラミックス基板であり、導電型は半絶縁性を示すか、或いはp型又はn型を示す基板であり、望ましくはn型の導電性を示す基板であることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項15】請求項14記載の半導体レーザ素子において、該単結晶基板が半導体基板のときには、六方晶系のWurtzite構造であって基板面方位が(0001)C面を有する基板であるか、或いはZinc Blende構造であってかつ基板面方位が(111)面を有した基板であり、またセラミックス単結晶基板であるときには六方晶系のWurtzite構造であって基板面方位が(0001)C面を有しており、該単結晶基板上に該光導波路構造を設けていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項16】請求項15記載の半導体レーザ素子において、(0001)C面を有する六方晶系Wurtzite構造の基板上に該光導波路構造を設ける場合には、導波路を形成する方向を該基板の(11-20)A面に平行であるか、或いは垂直となる方向に設定することを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項17】請求項15記載の半導体レーザ素子において、該単結晶基板は $\alpha-Al_2O_3$ であるか、或いは $\alpha-SiC$ 基板であることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項18】請求項1から17のいずれかに記載の半導体レーザ素子において、該光導波路は矩形状の断面形状を有したストライプ構造からなり、基板面と平行な該導波路上面は平坦な面であり、該導波路側面は基板面に対して垂直でかつ平滑面となっており、該光導波路構造内部では禁制帯幅の小さな発光層が禁制帯幅の大きな光導波層に埋め込まれた形を有しており、活性層横方向に実屈折率差を設けることにより基本横モードを安定に導波する埋め込み型(BH; Buried Heterostructure)ストライプ構造を構成していることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項19】請求項18記載の半導体レーザ素子において、絶縁膜マスクと選択成長技術を用いて、矩形状のBHストライプ構造と基板面に垂直な共振器端面を形成し、該共振器端面にブラッグ分布反射(DBR; Distributed Bragg Reflector)構造による高反射膜を設けてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項20】請求項19記載の半導体レーザ素子において、上記BHストライプ構造と共振器端面及びDBR構造高反射膜を一回の連続した結晶成長により設けてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項21】請求項19又は20記載の半導体レーザ素子において、屈折率の異なる少なくとも2種類の結晶層を周期的に繰り返し、屈折率が $n_1$ と $n_2$ である結晶層を用いたとき、レーザの発振波長を $\lambda$ として、結晶層の膜厚は $\lambda/4n_1$ と $\lambda/4n_2$ にそれぞれ設定することにより該DBR構造高反射膜を構成してあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項22】請求項21記載の半導体レーザ素子において、屈折率の異なりかつ格子定数が異なる少なくとも2種類の結晶層を周期的に繰り返し、少なくとも2種類の結晶層では格子歪がそれぞれ反対の符号でありかつ歪量が全体の膜厚において補償されている該DBR構造高反射膜であることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項23】請求項18記載の半導体レーザ素子において、導波路の両外側に相当する領域にダミーパターンを設けておき、これを含めて光導波路構造選択成長用の絶縁膜マスクを構成することにより、該光導波路構造が設けてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項24】請求項19記載の半導体レーザ素子において、導波路の両外側に相当する領域に設けたダミーパターンに形成したストライプ構造には、マスクでカバーすることにより電流を注入せず、内側の導波路構造にのみ電流を注入できるように設定してあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項25】請求項1から24のいずれかに記載の半導体レーザ素子において、該発光活性層は量子井戸層により構成した単一或は多重量子井戸構造であることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項26】請求項25記載の半導体レーザ素子において、該発光活性層は格子歪を導入した歪量子井戸層により構成した単一或は多重歪量子井戸構造であることを特徴とする半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光情報端末或は光応用計測光源に適する半導体レーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来では、GaInN/AlGaIn材料を用いた発光素子に関し、例えばアブライド・フィジックス・レタ

1994年、64巻、1687-1689頁(Appl. Phys. Lett., 64, 1

687-1689(1994).)において、青色発光ダイオードを構成する素子構造が述べられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、青色発光ダイオードを構成する発光活性層や光導波路について言及しているが、レーザダイオードに必要な導波路共振構造を作製する工程について述べていない。また、半導体レーザの横モードを制御する素子構造やそれを作製する手法については説明していない。

【0004】本発明の目的は、これまで導波路や共振器の形成が困難であったNitride材料において、一回の結晶成長により半導体レーザに適する導波路共振構造を形成するとともに、電極材料及び、電極と結晶層の構成を規定することによって、容易に基本横モード制御構造を有した素子構造を達成することにある。さらに、より低閾値で動作する青紫色波長域のレーザ素子を実現させることにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための手段を以下に説明する。

【0006】本発明では、従来導波路や共振器を形成することが困難であったNitride材料に対して、一回の結晶成長により容易に導波路共振構造を構成できる手法を用いる。単結晶基板上において、予め高融点でありかつNitride材料に対してオーミック性の高い材料であるTiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )を形成しておき、その後に選択成長技術を利用することにより、基板上に一回の結晶成長によって導波路共振構造を作製できる。この導波路共振構造では、発光活性層を光導波路の中に埋め込んだ形の実屈折率差による基本横モード制御埋め込みBH構造を容易に達成できる。さらに、ダミーパターンを含んだ選択成長用の絶縁膜マスクパターンを工夫することにより作製したBH構造では、より低閾値で動作する素子を実現できる。

【0007】

【作用】目的を達成するため、上記手段の作用について説明する。

【0008】本発明は、一回の結晶成長により容易にNitride材料を用いた導波路共振構造を構成する工夫を行った内容であり、n型結晶層に対するn側電極にTiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )を構成要素として用いていることに特徴がある。本発明の主眼は、金属Ti窒化物と電極結晶層との構成に特徴を見出した点にある。

【0009】単結晶基板上に対して、予め高融点でありかつNitride材料に対してオーミック性の高い材料であるTiの窒化物 $TiN_x$  ( $0 < x \leq 1$ )を形成しておくことにより、次の二つの利点を活かせる。一つは、窒化物 $TiN_x$ はNitride材料に対するショットキ障壁が他の材料との比較上非常に低いので、電極材料としてオーミック特性に優れていることを利用する。狭い導波路ストライプに対し

ても、 $\text{TiN}_x$ を予め基板上に設けておいてNitride結晶層と接触するように配置させれば、n側の電極を容易に作製でき、素子に電流を注入できる構造をとれる。n型Nitride結晶層とn側電極の間の接触抵抗は、 $1 \sim 5 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}^2$ の範囲に設定することが可能であった。もう一つは、Tiの窒化物が上記利点を有し高融点材料であることを活かして、一回の結晶成長によって光導波路構造を基板上に作製できることである。Tiの窒化物の融点は約2950℃であるので、1000℃以上で行うNitride材料の高温成長にも十分耐久性を持っている。このため、n側電極を後に形成することとn型Nitride結晶層に接触させることを考慮して配置した、 $\text{TiN}_x$ のパターンを予め基板上に形成しておく、その後を選択成長技術を利用することにより、一回の結晶成長によって導波路共振構造を作製できる。本発明の導波路共振構造としては、発光活性層を光導波層の中に埋め込んだ形であり、実屈折率差による基本横モード制御BH構造とすることが可能である。このBH構造では、素子の低閾値動作を容易に図れる。

【0010】Tiの窒化物 $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )の作製方法は、金属Tiを窒素原料やNitride材料と反応させるか、金属Ti化合物と窒素原料をECRによるプラズマ源として反応させるか、或は有機窒素Ti金属化合物の熱分解気相反応による。これらの方法によって、単結晶基板上にTiの窒化物を形成した後、リソグラフィとエッチング加工によりパターンニングを行う。この後、パターンニングしたTiの窒化物と接触する形で、選択成長によりNitride材料からなる導波路構造を設ける。

【0011】以上により、Tiの窒化物を用いて、光導波路構造を選択成長により作製することによって、基本横モードに制御できるBH構造を作製でき、低閾値動作が期待できるAlGaInN半導体レーザを実現できる。

【0012】

【実施例】

実施例1

本発明の一実施例を図1(a)、(b)により説明する。図1(a)において、(0001)C面を有する $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 基板1に対して、Ti金属を窒素原料と反応させて窒化させるか、有機窒素Ti金属を熱反応させるか、或いはTi金属化合物を電子サイクロトロン共鳴(ECR)により窒素と反応させて、まずTiの窒化物 $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層2を形成する。その後、リソグラフィを用いてストライプ状の窓部をもつパターンに加工する。次に、選択成長用の絶縁膜 $\text{SiO}_2$ マスク3を図1(b)のように設ける。このとき、絶縁膜の形成とリソグラフィにより、マスク間隔 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ のストライプ状絶縁膜マスク窓領域とし、ストライプ方向を該 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 基板1における(11-20)A面と平行な方向に設定しておく。さらに、図1(a)に示すように、窒化物 $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層2のストライプ幅よりもストライプ状絶縁膜マスク窓領域の幅の方が広く設定してあり、窒化物Ti

$\text{N}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層2の上部に窒化物結晶層を設けて接触するようにする。結晶成長する前に、基板1の表面に対してアンモニアを用いて窒化処理を施しておき、それに引き続いて有機金属気相成長法により、Ga<sub>N</sub>バッファ層4、n型Ga<sub>N</sub>光導波層5、AlGa<sub>N</sub>光分離閉じ込め層とGa<sub>N</sub>量子障壁層及びGaIn<sub>N</sub>量子井戸層からなる圧縮歪多重量子井戸活性層6、p型Ga<sub>N</sub>光導波層7を順次選択成長する。次に、絶縁膜8を形成して、リソグラフィにより、Ni/Auからなるp側電極9と窒化物 $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層2に接触するTi/Auからなるn側電極10を蒸着する。さらに、導波路とは垂直な方向に基板を劈開することによって、図1(a)に示す素子縦断面を得る。

【0013】本実施例によると、実屈折率差でレーザ光を導波するBHストライプ構造を一回の選択成長により作製することができた。 $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層2を設けたことにより、n側電極の接触抵抗を低減することができ、n型Ga<sub>N</sub>結晶層との接触抵抗は $3 \sim 5 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}^2$ の範囲の値を得た。本素子は、室温においてレーザ発振し、発振波長410～430nmの範囲であった。

【0014】実施例2

本発明の他実施例を図2(a)、(b)により説明する。実施例1と同様に素子を作製するが、図2(b)に示すダミーパターンを含む絶縁膜マスク3を形成する。ダミーパターン上の結晶層に対しては、図2(a)に示すように絶縁膜8をカバーしておく。その後、実施例1と同様にして、図2(a)に示す素子縦断面を得る。

【0015】本実施例によると、ダミーパターンの効果により、ストライプ状導波路の結晶性や形状制御性を実施例1より格段に改善することができ、低閾値動作を達成した。本素子の閾値電流は、実施例1よりも2/3から1/2に低減できた。

【0016】実施例3

本発明の他実施例を図3(a)、(b)及び4により説明する。実施例1と同様に光導波層7まで作製するが、このとき導波路を形成する方向を実施例1や2と異なり、該基板1における(11-20)A面に対して垂直な方向に導波路ストライプを形成する。また、次に、実施例2と同様して層7まで結晶成長した後、引き続いてアンドープ歪補償GaInN/AlGaND BR構造高反射膜11を選択成長する。さらに、リソグラフィと絶縁膜マスク8を利用して、中央部の導波路ストライプにおいて層11を層7に到るまでエッチング加工する。その後、実施例1と同様にして、図3(a)の素子縦断面と図4の素子横断面を得る。

【0017】本実施例によると、劈開により共振器端面を形成する必要なく、結晶層からなるDBR構造高反射膜を有した基板面に垂直な共振器面を形成でき、かつ90%以上の高反射率により格段の低閾値動作を図り、閾値電流を実施例1に比較して1/10から1/20に低減できた。

## 【0018】実施例4

本発明の他実施例を説明する。実施例1から3と同様にして素子を作製するが、基板1に対して、サファイア基板の代わりに、(0001)C面を有したn型の炭化珪素( $\alpha$ -SiC)基板を用いて素子設ける。

【0019】本実施例によると、大面積のn型SiC基板に窒化物 $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層2が接触しているの、n型GaN結晶層とn側電極との接触抵抗は $1 \sim 3 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}^2$ 範囲に低減できた。このため、実施例1から3までの素子と比較して、素子抵抗及びレーザ発振時の動作電圧をより小さく抑えることが可能であった。

## 【0020】実施例5

本発明の他実施例を図5(a), (b)により説明する。本素子では、面発光型垂直共振器構造を作製するため、最初にアンドープGaNバッファ層4、アンドープGaN光導波層12、アンドープ歪補償GaInN/AlGaND BR構造高反射膜11、n型GaN光導波層13を結晶成長しておく。次に、図5(b)のような正六角形状の絶縁膜マスク3を形成した後、窒化物 $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層2を設けた上に選択成長により実施例3と同様にして素子を作製し、図5(a)の素子縦断面を得る。

【0021】本実施例によると、上下面にDBR構造からなる垂直共振器面と正六角柱状の導波路構造を有した、面発光型の素子構造を作製できた。本素子構造では、大面積のn型GaN結晶層に窒化物 $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層2が接触しており、n型GaN結晶層との接触抵抗は $1 \sim 3 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}^2$ 範囲に低減できた。このため、窒化物 $\text{TiN}_x$ を設けない場合に比べて、素子抵抗及びレーザ発振時の動作電圧をより小さく抑えることが可能であった。

## 【0022】実施例6

本発明の他実施例を図6(a), (b)により説明する。実施例5と同様にして素子を作製するが、図6(b)に示すようなダミーパターンを含む絶縁膜マスク3を形成しておく。その後、実施例5と同様にして素子を作製し、図6(a)に示す素子縦断面を得る。

【0023】本実施例によると、ダミーパターンの効果により、垂直共振器構造の導波路における結晶性や形状制御性を実施例5より格段に改善することができ、低閾値動作を達成した。本素子の閾値電流は、実施例5よりも1/2から1/3に低減できた。

## 【0024】

【発明の効果】本発明では、高融点材料であるTiの窒化物 $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層を用いることにより、これまで導波路や共振器の形成が困難であったNitride材料において、半導体レーザに適する導波路共振構造を一回の結晶成長

により作製することができた。窒化物 $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層は1000℃以上の高温結晶成長に十分耐久性があるだけでなく、電極のオーミック性を改善して結晶層との接触抵抗を低減する効果がある。n側電極における接触抵抗は、 $1 \sim 5 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}^2$ にまで小さくすることが可能であった。これにより、素子の低抵抗化とレーザ発振時の動作電圧を低減できた。また本素子構造では、実屈折率差により基本横モードを安定に導波伝搬し、低閾値動作可能なBH導波路構造を作製できる。ストライプ構造の両外側にダミーパターンを導入する工夫により、閾値電流を2/3から1/2に低減できた。さらに、共振器面にDBR構造を設けることにより、従来より格段に低い閾値を達成し、閾値電流を1/10から1/20に低減できた。また、面発光型垂直共振器構造にも本発明を適用して、低抵抗低動作電圧で動作するレーザ発振を得た。本発明の実施例では、AlGaInN材料からなるレーザ動作を室温において確認でき、室温における発振波長は、410～430 nmの範囲であり青紫色の波長領域であった。

【0025】本発明では、(0001)C面を有したWurtzite構造のサファイアや炭化珪素単結晶基板上に作製したAlGaInN半導体レーザ素子について説明したが、(111)面を有したZinc Blende構造のGaAs, InP, InAs, GaP, GaSbであるか、或いはSi基板上に作製したAlGaInN半導体レーザ素子に適用できることはいうまでもない。

## 【0026】

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す素子構造縦断面図(a)と絶縁膜マスク形状上面図(b)。

【図2】本発明の他実施例を示す素子構造縦断面図(a)と絶縁膜マスク形状上面図(b)。

【図3】本発明の他実施例を示す素子構造縦断面図(a)と絶縁膜マスク形状上面図(b)。

【図4】本発明の他実施例における素子構造横断面図。

【図5】本発明の他実施例を示す素子構造縦断面図(a)と絶縁膜マスク形状上面図(b)。

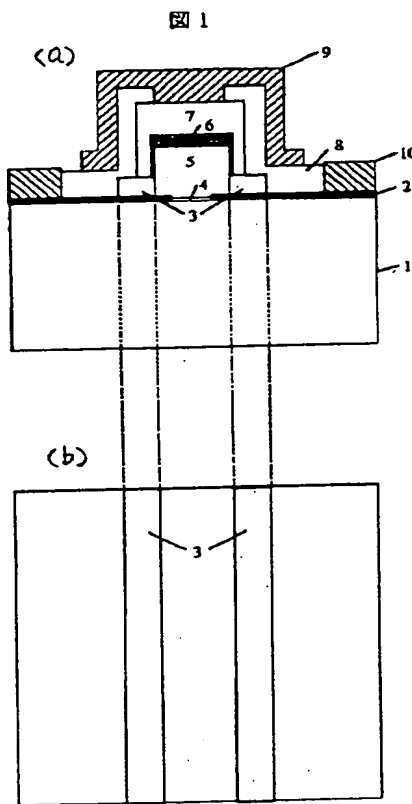
【図6】本発明の他実施例を示す素子構造縦断面図(a)と絶縁膜マスク形状上面図(b)。

## 【符号の説明】

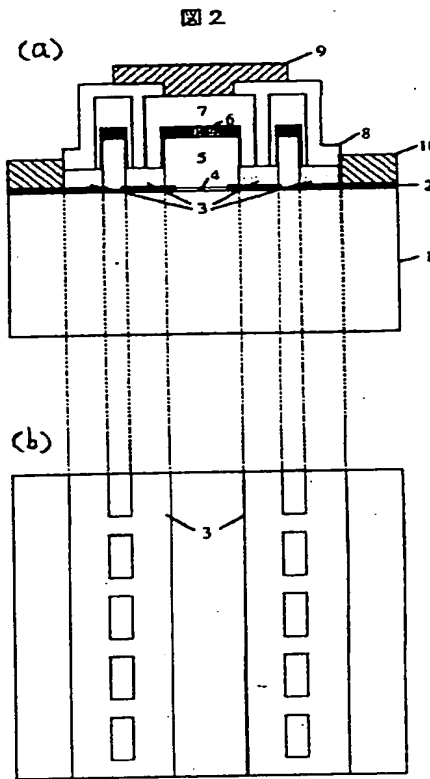
1. (0001)C面 $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 単結晶基板、2.  $\text{TiN}_x$  ( $0 < x \leq 1$ )層、3. 絶縁膜 $\text{SiO}_2$ マスク、4. GaNバッファ層、5. n型GaN光導波層、6. GaInN/GaN/AlGaIn多重量子井共振器構造活性層、7. p型GaN光導波層、8. 絶縁膜、9. p側電極Ni/Au、10. n側電極Ti/Au、11. アンドープ歪補償GaInN/AlGaInDBR構造高反射膜、12. アンドープGaN光導波層、13. n型GaN光導波層。



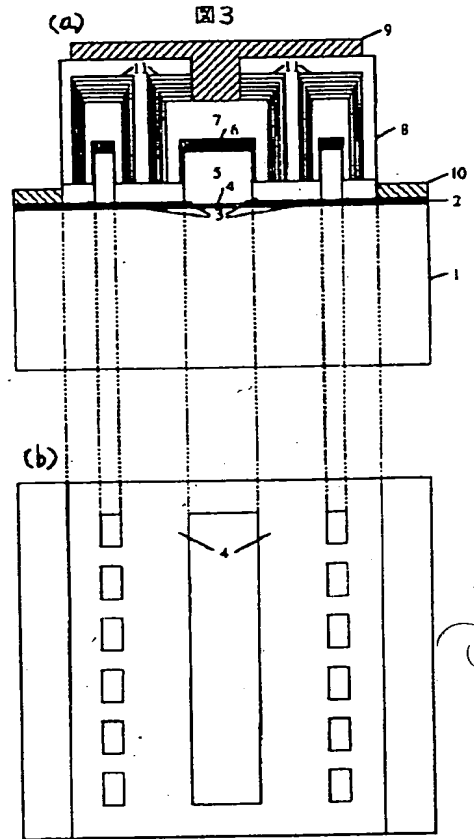
【図1】



【図2】

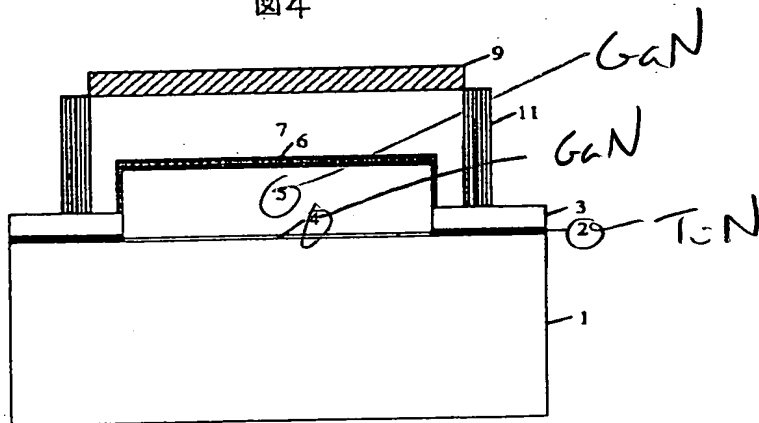


【図3】

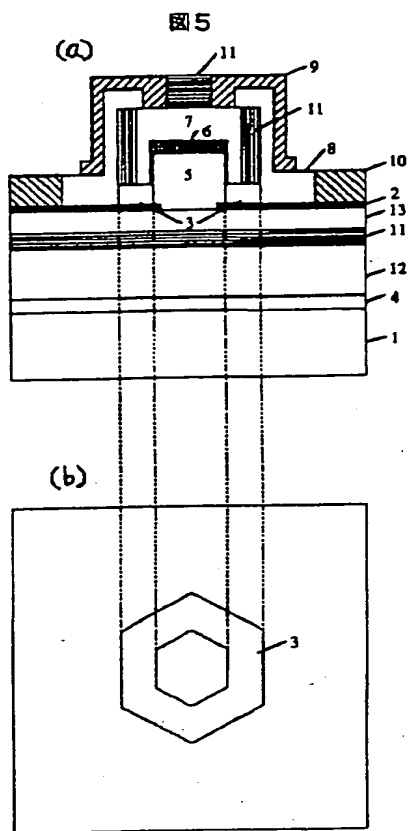


【図4】

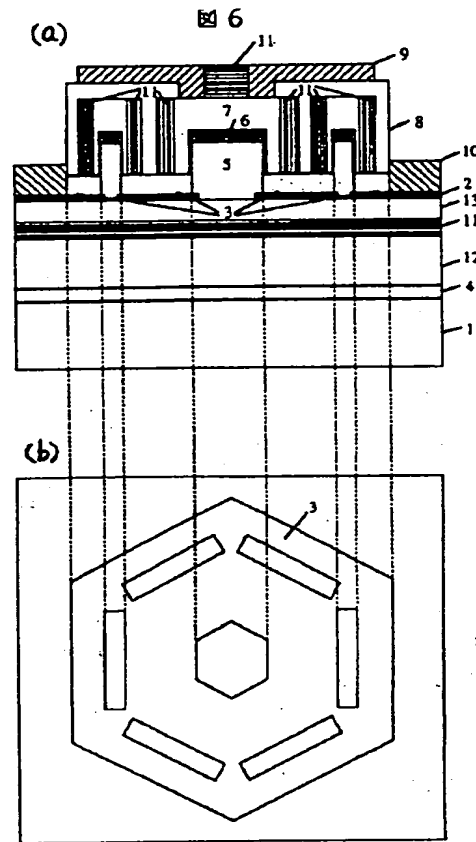
図4



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72) 発明者 赤松 正一  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内